

BETROUBAARHEIDS-, BESKIKBAARHEIDS- EN LOGISTIEKE STEUNANALISE

Schalk J Claasen
Pr Ing

Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese
Universiteit van Pretoria

OPSOMMING

AMIR en SPAR is Monte Carlo-gebaseerde rekenaarprogrammatuur waarmee betekenisvolle analise ten opsigte van die betroubaarheid, beskikbaarheid en logistieke steunbaarheid van komplekse stelsels uitgevoer kan word. Dit verskaf die infrastruktuur om ingewikkelde probleme effektief te analiseer, sonder dat die analise as gevolg van vereenvoudigende aannames, irrelevant raak. Beide programme gebruik die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsel wat ontleed word, as basis vir die analise wat gedoen word.

ABSTRACT

AMIR and SPAR are Monte Carlo based computer software for the reliability, availability and logistic support analysis of complex systems. They provide the infrastructure for the effective analysis of such systems, without resorting to simplifying assumptions which would render the analysis irrelevant. Both programs use the reliability configuration of the system under analysis as basis for the analysis.

1. INLEIDING

Die moderne ontwerpingenieur moet as deel van sy ontwerptaak die betroubaarheid, beskikbaarheid en logistieke steunvereistes van die stelsel wat hy ontwerp, kan voorspel. As gevolg van die groot bedrae geld wat normaalweg met stelselaanskaffing gepaard gaan en die nadelige of selfs rampspoedige gevolge van onvoldoende betroubaarheid en beskikbaarheid, plaas dit 'n geweldige verantwoordelikheid op die ingenieur om sodanige voorspellings akkuraat uit te voer.

Hierdie voorspellingstaak is egter baie moeilik wanneer daar met omvangryke en komplekse stelsels soos 'n vliegtuig of wapenstelsel gewerk word. Een van die maniere om hierby verby te kom, is om die model waarmee voorspel word so te vereenvoudig dat die probleem hanteerbaar raak. Of anders gestel : die probleem wat opgelos kan word, word opgelos nie noodwendig die probleem wat opgelos moet word nie!

Wat die ingenieur dus nodig het, is 'n maklik bruikbare berekeningshulpmiddel waarmee sisteembetroubaarheid, - beskikbaarheid en logistieke steunvereistes bepaal kan word. AMIR en SPAR is rekenaarprogrammatuur wat ontwikkel is ten einde in hierdie behoefte te voorsien.

Die programmatuur kan op hoofraamrekenaars, mini-rekenaars of persoonlike-rekenaars bedryf word. Die persoonlike-rekenaarweergawe van SPAR en AMIR beskik oor dieselfde funksionele vermoëns as die mini- en hoofraamweergawe, maar is beperk ten opsigte van die omvang van probleme wat dit kan hanteer. Die mini- en hoofraamweergawe verskil slegs in dié opsig dat die hoofraamweergawe multi-gebruikers toelaat. Die programmatuur is bedryfstelsel aanpasbaar en kan onder bedryfstelsels soos DOS, VMS, UNIX of IBM/VM bedryf word.

2. AMIR

AMIR word gebruik om die betroubaarheid en beskikbaarheid van stelsels te bepaal. Die program funksioneer op drie verskillende

vlakke afhangend van die vlak van sofistikasie wat die analis in die model wil inbou. Die persoonlike-rekenaarweergawe kan stelsels van tot 50 komponente en die mini- of hoofraamweergawe stelsels van tot 4000 komponente hanteer.

2.1 Vlak 1 : Interaktiewe modellering

Op vlak een word slegs die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsel, die falings- en hersteltempo's van komponente asook die herstelbeleid in ag geneem.

Die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsel word aan die hand van 'n betroubaarheidsblokdiagram gedefinieer. Die program maak voorsiening vir:

- n - uit - k eenhede,
- passiewe bystandeenhede,
- aktiewe bystandeenhede,
- ladingsverwantskappe, en
- geïnduseerde mislukkings.

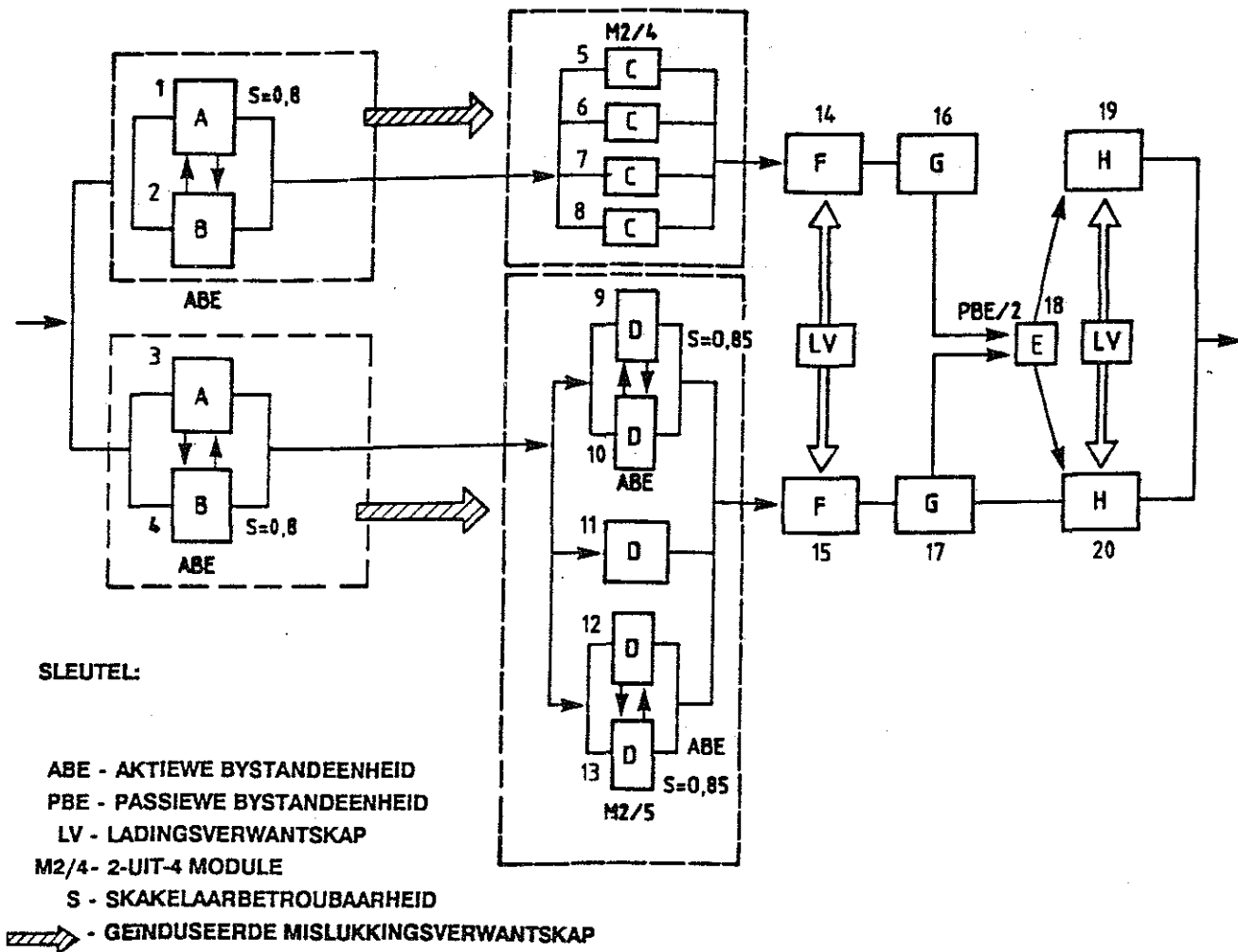
Die analis definieer die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsel deur middel van die voorganger-opvolgerverwantskappe binne die betroubaarheidsblokdiagram vir die stelsel. Hierbenewens moet die

- mislukkings- en hersteltempo's (aktief en passief),
- aantal herstelspanne, en
- herstelbeleid (herstel na komponent- of stelselmislukking) gedefinieer word.

Op hierdie vlak kan AMIR as 'n "betroubaarheid-sakrekenaar" beskou word. Dit neem ongeveer 5 minute om 'n stelsel soos dié in Figuur 1 getoon op interaktiewe wyse te analiseer.

2.2 'n Voorbeeld op vlak 1

Die betroubaarheidsblokdigram van die stelsel wat ontleed word, word in Figuur 1 getoon. Elke komponent in die stelsel word met 'n unieke nommer (posisie in die blokdigram) asook 'n naam (komponenttipe) geïdentifiseer. Komponente van dieselfde tipe het dieselfde mislukings- (aktief en passief) en hersteltempo's.



Figuur 1. Betroubaarheidsblokdigram van 'n stelsel wat op vlak 1 geanalyseer kan word.

Komponente 1 en 2 vorm 'n aktiewe bystandeenheid (ABE) met 'n skakelaar. Die betroubaarheid van die skakelaar (S) is 0,8. Komponente 3-4, 9-10 en 12-13 vorm soortgelyke aktiewe bystandeenhede. Mislukke komponente word volgens die gekose

herstelbeleid vervang. Komponent 18 is 'n passiewe bystandeenheid (PBE). So 'n eenheid bestaan uit twee of meer (twee in die geval) identiese komponente in parallel. Op enige tydstip is net een van die komponente aktief en die ander passief (indien nog nie misluk nie). Wanneer die aktiewe komponent misluk, kom die volgende beskikbare komponent in werking. Die eenheid misluk sodra al die komponente misluk het, en kan dan eers herstel word.

Daar bestaan 'n geïnduseerde mislukkingsverwantskap tussen komponente 1 en 2 en 5, 6, 7 en 8. 'n Mislukking van komponent 1 of 2 mag, met 'n gespesifiseerde waarskynlikheid, 'n oombliklike mislukking van enige van die komponente in die tweede groep veroorsaak. 'n Soortgelyke geïnduseerde mislukkingsverwantskap bestaan tussen komponente 3 en 4 en 9, 10, 11, 12 en 13.

Daar bestaan 'n ladingsverwantskap (LV) tussen komponente 14 en 15. Mislukking van enige een van die twee komponente sal 'n groter lading op die oorblywende komponent plaas, wat sal resulteer in 'n verhoogde mislukkingstempo. Komponente 19 en 20 het dieselfde verwantskap.

Komponente 5, 6, 7 en 8 vorm 'n 2-uit-4 module en komponente 9, 10, 11, 12 en 13 (wat 2 ABEs insluit) 'n 2-uit-5 module.

2.3 Vlak 2 : Die invloed van die omgewing

Op vlak twee word die invloed van die omgewing, waarin die stelsel bedryf word, ook in ag geneem.

a) **Aanvraaggedrewe stelsels.** Daar is baie situasies waar stelseltoestand nie die enigste faktor is wat missiesukses bepaal nie. 'n Kommunikasiestelsel mag byvoorbeeld vir 'n kort periode misluk, maar indien daar tydens dié periode geen aanvraag vir die gebruik van die stelsel voorkom nie, het die missie nie misluk nie. Sodanige stelsels is aanvraaggedrewe en stelselmislukking word gedefinieer as die gebeurtenis wanneer 'n eksterne aanvraag met 'n periode waarin die stelsel nie beskikbaar is nie, saamval.

b) **Hoër vlak herstel.** Op vlak een word vir elke komponent in die stelsel 'n hersteltempo gedefinieer. Hierdie hersteltempo's verwys na "kontinue herstel". Dit wil sê herstel wat plaasvind sodra 'n komponent of die stelsel misluk het, afhangende van die herstelbeleid wat gekies is. Benewens hierdie kontinue herstel maak hoër vlak herstel voorsiening vir hersteltydstippte waartydens addisionele herstel uitgevoer kan word. Hierdie hoër vlak herstel dien ook om die geskeduleerde instandhoudingsaktiwiteite te modelleer. Die definisie van hoër vlak herstel behels konsepte soos hersteleffektiwiteit en herstelgroepe.

c) **Missieprofiel.** 'n Stelsel mag gedurende sy lewenssiklus of missie aan 'n verskeidenheid omgewingstoestande blootgestel word. 'n Stelsel mag byvoorbeeld geberg word, daarna vervoer word en dan in bedryf gestel word. Opstygning, vlieg en landing mag as verskillende profieltoestande beskou word. 'n Profieltoestand word gedefinieer as 'n periode waartydens spesifieke mislukkings- en hersteltempo's vir die komponente van die stelsel geld.

d) **Tydafhanklike stelselkonfigurasie.** Die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsel kan tyd- of gebeurtenisafhanklik gemaak word.

2.4 Vlak 3 : Hoë vlak modellering

Op vlak drie skryf die analis self subroetines teneinde aspekte wat nie op vlak een of twee gehanteer kon word nie, te modelleer. Dit sluit in:

- a. Die beskrywing van stelselkonfigurasies wat nie as netwerke gedefinieer kan word nie.
- b. Die vermoë om die aantal en posisie van hersteltydstippte op toevalswyse te varieer.
- c. Die vermoë om die missieprofiel volgens voorgeskrewe reëls (op toevalswyse of deterministies) te varieer.

d. Die vermoë om die aantal en posisie van aanvraagpunte op toevalswyse te varieer.

e. Die vermoë om enige interne of eksterne stelsellogika te modelleer. Byvoorbeeld

- enige bystandsverwantskap tussen komponente en/of subsysteme,
- gebeurtenisafhanklike geïnduseerde gebeurtenisse,
- enige nie-linieêre gedrag (soos falingstempo as funksie van die aantal herstelaksies wat reeds plaasgevind het) en
- gekompliseerde ladingsverwantskappe.

Alhoewel die gebruik van AMIR op hierdie vlak 'n kundige analis vereis, stel dit die gebruiker in staat om simulasiemodelle wat na aan die werklikheid is, te bou.

2.5 Die resultate van die analise

Die resultate van die analise sluit in:

- a. Die onbetroubaarheid en die beramingsfout ten opsigte van die onbetroubaarheid op gedefinieerde tydstipte.
- b. Die onbeskikbaarheid en die beramingsfout ten opsigte van die onbeskikbaarheid op gedefinieerde tydstipte.
- c. Die gemiddelde onbeskikbaarheid tussen gedefinieerde tydstipte.
- d. Die gemiddelde onbeskikbaarheid gedurende die missie.
- e. Die gemiddelde tyd tot mislukking vir die stelsel.
- f. Die waarskynlikheid op missiesukses vir aanvraaggedrewe stelsels.
- g. Die bydrae van elke komponenttipe tot sisteemmislukking.
- h. Die bydrae van gedefinieerde groepe van komponente tot sisteemmislukking.

i. Die gemiddelde aantal herstelaksies per komponenttipe op elke herstelvlak.

2.6 Variansiereduseringstegnieke

AMIR maak voorsiening vir die gebruik van variansiereduseringstegnieke om simulasietyd te verkort. Die waarskynlikheid op 'n sisteemmislukking is dikwels baie laag wat beteken dat die mislukking baie selde realiseer en dat 'n groot aantal simulasieloepe uitgevoer kan word, sonder dat enige betekenisvolle inligting oor die mislukkingsgebeurtenis verkry word. Die aantal simulasieloepe wat nodig is, om 'n aanvaarbare beramingsfout ten opsigte van die frekwensie van 'n gebeurtenis te verseker, raak buitensporig vir gebeurtenisse met 'n frekwensie kleiner as 0,001.

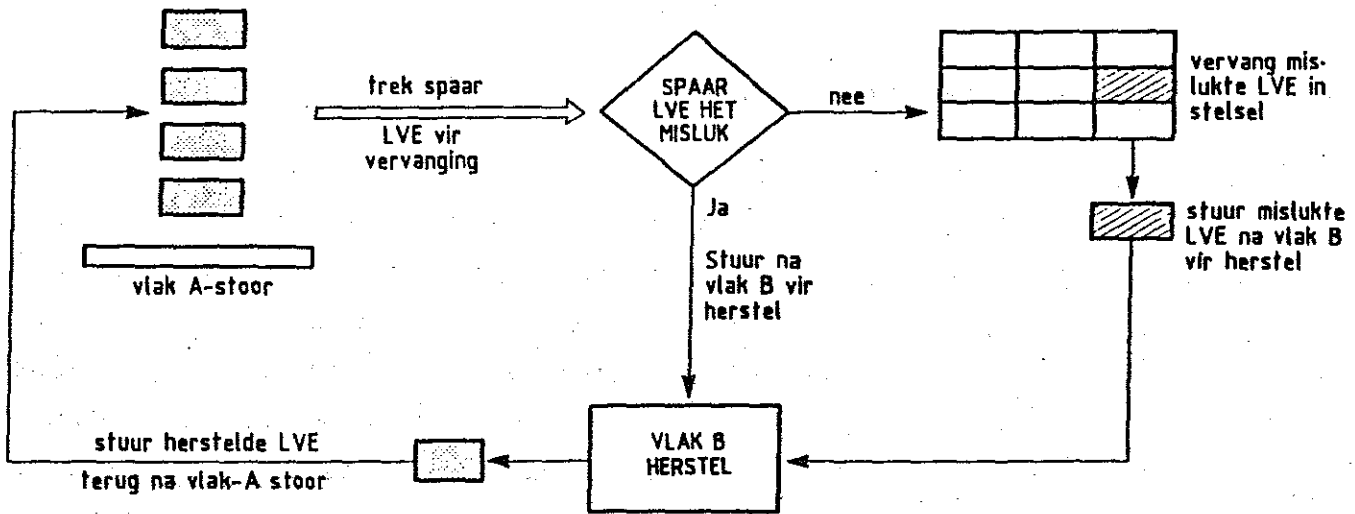
Die essensie van die gebruik van variansiereduseringstegnieke lê daarin dat skaars uitkomst "gedwing" word om te realiseer. Hiermee saam word die nodige wiskundige tegnieke gebruik om te verseker dat die resultate wat verkry word korrek (onsydig) is.

3. SPAR

SPAR word gebruik om die logistieke steunvereistes tydens die ontplooiing van 'n aantal stelsels te bepaal. Die hoofdoel van so 'n analise is die bepaling van die invloed van 'n gegewe herstel- en onderdeelstrategie op die beskikbaarheid en ander prestasiemaatstawwe van die ontplooiende stelsels.

3.1 Die scenario waarbinne gemodelleer word

SPAR simuleer die ontplooiing en aanwending van 'n aantal identiese stelsels. Die aantal ontplooiende stelsels kan deur die analise op gespesifiseerde tydstippe aangepas word en die aanwendingsprofiel kan, soos in die geval van AMIR, gevarieer word. Die betroubaarheidskonfigurasie van die stelsels, gedefinieer in terme van lynvervangbare eenhede (LVEs), vorm die basis van die analise. LVEs word op geskeduleerde tye aangevul en die stelsels op geskeduleerde tye nagegaan en instandgehou. SPAR beskik oor 'n wye reeks van nagaan- en instandhoudingsalternatiewe wat in die simulasië gebruik kan word.



Figuur 2. Die voorraadhouding, vervanging en herstel van LVEs.

Die voorraadhouding, vervanging en herstel van LVEs word skematies in Figuur 2 geïllustreer. Die vlak A-stoor bevat spaar LVEs. Sodra 'n LVE in een van die stelsels misluk, word die mislukte LVE verwyder en met 'n spaar LVE vervang, indien beskikbaar. Indien 'n spaar LVE nie beskikbaar is nie word die herstelaksie vertraag totdat 'n onderdeel beskikbaar is. Die mislukte LVE word na vlak B gestuur om herstel te word. Na herstel word die LVE na die vlak A-stoor teruggestuur waar dit in die voorraad opgeneem word. Tye vir LVE vervanging, vervoer van vlak A na B, herstel by B en vervoer terug na A word per LVE-tipe deur die analis gespesifiseer (deterministies of stochasties). Die moontlikheid dat LVEs tydens berging kan misluk, word voorsien. Indien so 'n LVE uit die vlak A-stoor getrek word, word dit na vlak B gestuur om herstel te word. Aangesien die vervoertyd van A na B en B na A deur die analis per LVE-tipe gespesifiseer word, kan vlak B enige van 'n aantal verskillende herstelvlakke, insluitend lokale herstel by A, voorstel.

Die persoonlike-rekenaarweergawe van SPAR kan scenarios, met nie

meer as 80 stelsels, 50 LVEs per stelsel en 800 LVEs in totaal nie, hanteer. Vir die mini- of hoofraamweergawe is die beperking 1000 stelsels, 300 LVEs per stelsel en 15 000 LVEs in totaal.

3.2 Die twee moontlike simulasiëbenaderings

SPAR maak voorsiening vir twee simulasiëbenaderings. Die eerste benadering word gebruik om 'n aanvanklike skatting van onderdeelbehoefte te maak. Die analis verskaf al die inligting wat nodig is vir die simulasiemodel, maar spesifiseer geen LVE-aanvangsvorrade of aanvulhoeveelhede nie. Die resultaat van die analise is die verdeling van LVE-vraag per LVE-tipe per gespesifiseerde tydsinterval, asook die prestasie van die ontplooië stelsels onder die aanname van onbeperkte onderdeelbesikbaarheid.

Hierdie analise is baie belangrik omdat dit die beste moontlike prestasie van die stelsels tydens ontplooiing illustreer. Indien die prestasie onvoldoende is, moet aspekte soos die ontwerp, onderdeelbetroubaarheid, lang hersteltye, onvoldoende oortolligheid en die instandhoudingsbeleid aandag geniet.

Die tweede benadering word gebruik om die prestasie van die ontplooië stelsels onder 'n gekose strategie te bepaal. Die analis spesifiseer 'n onderdeel- en herstelstrategie en herhaal die analise.

3.3 Die resultate van die analise

Die resultate van die analise sluit in:

- a. Die verdeling van LVE-vraag per LVE-tipe per gespesifiseerde tydsinterval (slegs vir die eerste simulasiëbenadering).
- b. Inligting oor LVE-besikbaarheid per LVE-tipe vir 'n gekose onderdeelstrategie (slegs vir die tweede simulasiëbenadering).
- c. Inligting oor stelselbesikbaarheid en die waarskynlikheid om op enige tydstip 'n gespesifiseerde aantal stelsels beskikbaar te hê (beide simulasiëbenaderings).

- d. Inligting oor die belangrikheid van elke LVE-tipe uit 'n betroubaarheid- en beskikbaarheidsoogpunt.
- e. Die aftydverdeling van die ontplooië stelsels.

4. SAMEVATTING

Daar bestaan 'n groot behoefte aan gereedskap waarmee die betroubaarheid, beskikbaarheid en logistieke steunvereistes van komplekse stelsels bepaal kan word. AMIR en SPAR is daarop gemik om hierdie behoefte te bevredig.

VERWYSINGS

1. CLAASEN S.J., RAMSIM - A Reliability, Availability and Maintainability Simulator, Universiteit van Pretoria, PhD, 1988.
2. DUBI A. en GOLDFELD A., AMIR - A Multipurpose Monte Carlo based code for the analysis of the reliability and performance of complex systems, Manual and code, 1989.
3. DUBI A. en GOLDFELD A., SPAR - A Multipurpose Monte Carlo based code for the logistic analysis of multisystem fields, Manual and code, 1989.